

ДІАГНОСТИКА ПАСИВНИХ КІЛ МЕТОДОМ ВУЗЛОВИХ ОПОРІВ

Циганчук Т. Г., студент; Булашенко А. В., ст. викладач;

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Останнім часом одним з інтенсивно розвиваючих розділів теорії кіл є діагностика електричних кіл. Дослідження питань діагностики електричних кіл залишається актуальним, оскільки існує необхідність в її здійсненні для профілактики відмов електричного обладнання, що ведуть до значних матеріальних затрат чи загрози людського життя.

Під діагностикою електричних кіл розуміють визначення невідомих параметрів електричного кола за відомих топології кіл, частини параметрів кола та її реакції на різні дії.

Тестова діагностика багатополюсника Π (рис. 1 а), що спостерігається за напругою пасивного, топологічна структура якого не відома. Задачу тестової діагностики можна вважати розв'язаною, якщо знайти матрицю вузлових провідностей кола:

$$Y = \{Y_{ij}\}_{n,n} = \begin{bmatrix} Y_{11} & \dots & Y_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix},$$

де: $(n + 1)$ – число вузлів кола.

Матриця $Y^{-1} = Z = \{Z_{ij}\}_{n,n}$ – матриця вузлових опорів. Метод вузлових опорів – метод діагностики пасивних електричних кіл, який заснований на дослідному визначенню вузлових опорів Z_{ij} , де $i, j = 1, 2, \dots, n$, і подальших числових розрахунків матриці $Y = Z^{-1}$.

Для того, щоб реалізувати метод вузлових опорів між вузлами 0 та 1 багатополюсника Π (рис. 1 б) необхідно ввімкнути джерело струму 1А. У випадку першого діагностичного дослідження були виміряні вузлові напруги $U_i^1, i = 1, 2, \dots, n$, що задовольняють систему рівнянь, в якій невідомими є коефіцієнти матриці Y :

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & \dots & Y_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1^1 \\ \dots \\ U_n^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}.$$

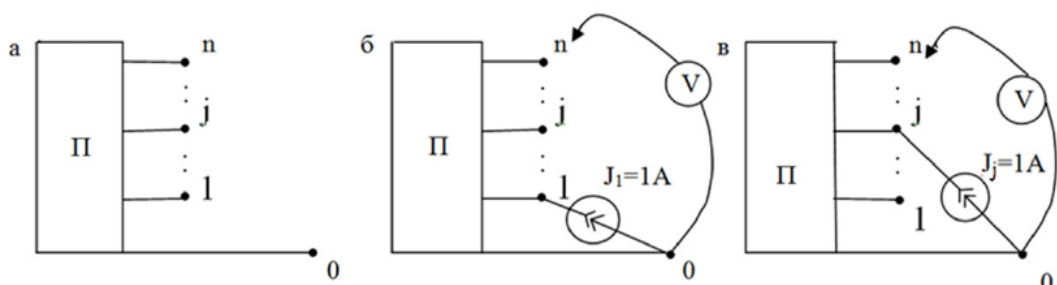


Рисунок 1

Для однозначного визначення коефіцієнтів матриці Y необхідно провести ще $(n - 1)$ дослідів [2]. В кожному j -му досліді необхідно між вузлами 0 та j (рис. 1 в) підключити джерело струму, щоб забезпечити задаючий струм j -го вузла рівним 1 А. Після цього вимірюють n вузлових напруг $U_i^j, i = 1, 2, \dots, n$. Система рівнянь набуває вигляду:

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1j} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{12} & \dots & Y_{1j} & \dots & Y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{j1} & Y_{j2} & \dots & Y_{jj} & \dots & Y_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nj} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1^j \\ U_2^j \\ \dots \\ U_j^j \\ \dots \\ U_n^j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ J_j \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}$$

де: $U_i^j, i = 1, 2, \dots, n$ – вузлові напруги, що виміряні в j -му дослідженні, а $J_j = 1$ А. Поєднаємо данні системи:

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1j} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{12} & \dots & Y_{1j} & \dots & Y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{j1} & Y_{j2} & \dots & Y_{jj} & \dots & Y_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nj} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1^1 & U_2^1 & \dots & U_1^j & \dots & U_1^n \\ U_2^1 & U_2^2 & \dots & U_2^j & \dots & U_2^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ U_j^1 & U_j^2 & \dots & U_j^j & \dots & U_j^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ U_n^1 & U_n^2 & \dots & U_n^j & \dots & U_n^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_j & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & J_n \end{bmatrix}.$$

або:

$$Y \cdot U = J.$$

Здійснюючи досить точні вимірювання напруг, їх значення будуть чисельно співпадати зі значенням вузлових напруг, тобто $U_i^j = Z_{ij}$. Тоді розв'язок задачі діагностики має вигляд:

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1j} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{12} & \dots & Y_{1j} & \dots & Y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{j1} & Y_{j2} & \dots & Y_{jj} & \dots & Y_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nj} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1^1 & U_2^1 & \dots & U_1^j & \dots & U_1^n \\ U_2^1 & U_2^2 & \dots & U_2^j & \dots & U_2^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ U_j^1 & U_j^2 & \dots & U_j^j & \dots & U_j^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ U_n^1 & U_n^2 & \dots & U_n^j & \dots & U_n^n \end{bmatrix}^{-1} =$$

$$= \left\| \begin{matrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1j} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{12} & \dots & Z_{1j} & \dots & Z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{j1} & Z_{j2} & \dots & Z_{jj} & \dots & Z_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \dots & Z_{nj} & \dots & Z_{nn} \end{matrix} \right\|^{-1}.$$

Таким чином, сформувавши за даними діагностичних дослідів матрицю вузлових опорів Z можна розрахувати шукану матрицю $Y = Z^{-1}$.

При досить малих похибках (0.01-3%) результати діагностики виявляються досить точними. Зі збільшення похибки (7%) погіршується точність розв'язку, а отже визначити структуру невідомого кола виявляється неможливо.

Перелік посилань

1.Панкин А.М. Качественное определение информативности измерений в резистивной цепи при диагностировании параметров ее элементов // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество» / Пенза, 2000. – с. 310.

2.Демирчан К.С. Проблемы диагностики электрических цепей // Диагностика и специальные методы анализа электрических цепей: труды ДВПИ. – Владивосток: ДВПИ, 1975. – Т.105. – с. 3-6.

3. Быковская Л.В. Методы исследования дифференцирующих и интегрирующих электрических цепей / Л.В. Быковская, Д.Р. Каримов// Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 9 – с. 87 – 91.

4. Васьковская Т.А. Диагностика сложных резистивных цепей по частям // Шестая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. В 3-х т. – М.: МЭИ, 2000. – т. 3.1. – С. 278-279.

Анотація

У статті розглянутий метод діагностики пасивних електричних кіл методом вузлових опорів.

Ключові слова: діагностика, метод вузлових опорів.

Аннотация

В статье рассмотренный метод диагностики пассивных электрических цепей методом узловых сопротивлений.

Ключевые слова: диагностика, метод узловых сопротивлений.

Abstract

The abstracts discussed the method diagnostics of passive electric circuits by method of nodal resistances is considered.

Keywords: diagnostics, nodal resistance method.